ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES NO USO E NA COBERTURA DA TERRA NA BAIXADA DO RIBEIRA

Ailton LUCHIARI [1]
Rúbia Gomes MORATO [2]
Fernando Shinji KAWAKUBO[3]

RESUMO

Os produtos obtidos por meio da tecnologia do Sensoriamento Remoto, fotografias aéreas, imagens de radar e imagens multiespectrais, são extensamente utilizados em várias áreas do conhecimento. Na geografia suas aplicações estão voltadas para os estudos sobre a ação do homem no ambiente. Quanto a esses estudos, os levantamentos do uso e da cobertura do terreno constituem informações básicas para o entendimento das manifestações humanas, caracterizadas, principalmente, pelas paisagens.

Esse trabalho procura analisar as transformações do uso e da cobertura da terra na Baixada do Ribeira, englobando os municípios de Iguape, Cananéia e Pariquera-Açu. Como fonte de dados foram utilizadas as imagens do TM do LANDSAT 5, correspondendo a três épocas distintas 1990, 1994 e 1999. Por meio do tratamento digital das imagens, aplicou-se à essas imagens o algoritmo das principais componentes. A análise das principais componentes possibilitou avaliar que as transformações ocorridas limitaram-se às margens dos principais eixos de circulação da área de estudo, enquanto que as áreas recobertas com florestas, em locais distantes dos eixos de circulação, sofreram pouca alteração.

INTRODUÇÃO

Os produtos obtidos por meio da tecnologia do Sensoriamento Remoto há muito tempo estão sendo utilizados por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento. Grosso modo, esta tecnologia consiste na aquisição e na análise de dados sobre a superfície terrestre. O modo mais comum de apresentação desses dados é sob a forma de imagens, que podem ser adquiridas em intervalos de tempo regulares, ou seja, em questão de dias, ou horas nocaso dos satélites meteorológicos.

Os geógrafos, que se preocupam com o estudo e com o acompanhamento de fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, são grandes usuários desta tecnologia. Um dos seus objetivos está voltado para o estudo da ação do homem sobre o ambiente, ou seja, preocupa-se com as transformações do uso e da cobertura da terra O sistema LANDSAT, desde o seu lançamento em abril de 1972, possibilitou a constituição de uma série histórica de imagens multiespectrais, ou seja, um arquivo contendo cenas de diferentes datas. A análise de um conjunto de imagens obtidas em diferentes datas permite que alguns fenômenos sejam estudados, bem como, as transformações ocorridas em certas porções da superfície terrestre.

Ao lado da quantidade de dados gerados pelos sensores imageadores, desenvolveu-se, também, recursos técnicos para a manipulação desta enorme quantidade de dados,

[1] Laboratório de Aefotogeografia e Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia da FFLCH USP, aluchiar@usp.br
[2] Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia da FFLCH USP, rubiagm@usp.br
[3] Laboratório de Aefotogeografia e Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia da FFLCH USP, fsk@usp.br

denominado por alguns autores de tratamento digital de imagens. Esses recursos, amparados pelo progresso da informática, permitem que se aplique a um conjunto de imagens rotinas computacionais, baseadas em algoritmos estatísticos, com a finalidade de obtenção de informações que possam ser analisadas com facilidade.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho está voltado para a análise das transformações no uso e na cobertura da terra na Baixada do Ribeira, englobando parte dos Municípios de Cananéia, Pariquera-Açu, Iguape e Ilha Comprida, no Estado de São Paulo, no período compreendido entre 1994 e 2001. Para subsidiar a análise utilizou-se das rotinas computacionais das transformações por principais componentes (APC), que fazem parte da maioria dos programas destinados ao tratamento digital de imagens.

Algumas considerações sobre a Análise por Principais Componentes (APC).

Em Geografia, a análise por principais componentes tem sido utilizada para o tratamento e análise de dados censitários, principalmente. Segundo Johnston (1986) há três razões básicas para a aplicação desta técnica estatística a um conjunto de dados: 1) identificar grupos de variáveis correlacionadas, 2) reduzir o número de variáveis que estão sendo estudadas, e 3) reescrever o conjunto de dados em uma forma alternativa, com características diferentes dos dados originais.

Em relação à interpretação de imagens, a transformação por principais componentes tem como objetivo restringir as informações contidas em um conjunto de bandas de uma cena. Desta maneira, a manipulação de um conjunto de imagens correlacionadas entre si gera um outro conjunto de imagens sem correlação entre si. Como resultado desta manipulação de dados, a primeira componente gerada concentrará a maior parte da informação do conjunto de imagens analisado.

A correlação entre bandas espectrais é um fato comum, pois os materiais constituintes da superfície terrestre apresentam comportamentos espectrais semelhantes. Por outro lado, as faixas espectrais que a maioria dos sensores operam são muito próximas, o que gera imagens espectrais muito semelhantes entre si. (MENESES; ASSAD; SANO, 1991, e CROSTA, 1993).

A transformação por principais componentes é, geralmente, utilizada para a produção de uma, ou duas, imagens que possam ser facilmente interpretadas. As imagens resultantes são fruto de um conjunto de bandas espectrais da cena imageada. Jensen (1996) comenta que esse procedimento reduz a dimensionalidade dos dados, ou seja, há a compressão da informação do conjunto para uma ou duas componentes.

Eastman e Fulk (1993) sugerem outra utilização para este procedimento, ou seja, a análise das transformações do uso e da cobertura da terra. Os autores analisaram um conjunto de 36 imagens mensais produzidas pelo satélite NOAA, para estudar os efeitos do 'El Niño' sobre o continente africano. Inicialmente, por meio das imagens brutas foram obtidos os índices de vegetação pela diferença normalizada para cada mês e, posteriormente, submeteu-se essas imagens à transformação em principais componentes. Os resultados demonstram que a primeira componente resume as características gerais da cobertura vegetal do continente africano, enquanto as demais componentes revelam as modificações ocorridas no período de três anos.

Para a análise das transformações no uso e na cobertura da terra o procedimento apresenta uma grande vantagem, pois permite que três ou mais imagens possam ser analisadas simultaneamente, enquanto outros métodos indicam a análise de, apenas, duas imagens, como é o caso da aplicação de rotinas aritméticas da diferença e da divisão.

Área de Estudo.

A área de estudo localiza-se, aproximadamente entre os paralelos 24°45' S e 25°00' S e entre os meridianos 47°45'W e 48°00'W, abrangendo parte dos municípios paulistas de Registro, Cananéia, Iguape, Pariqüera-Açú, e Ilha Comprida. Esta área corresponde, aproximadamente, carta topográfica Ilha de Cananéia, na escala 1:50 000, publicada pelo FIBGEno ano de 1974 (SG – 23 – V – A IV – 3).

O clima da área é o tropical sem estação seca, em que a temperatura do mês mais quente está ao redor de 22°C e o total de chuvas do mês mais seco está ao redor de 30 mm. A atuação da massa polar no inverno provoca a ocorrência de dias que apresentam temperaturas entre 2 a 3°C. A precipitação anual varia entre 1 290 mm a 3 088 mm, sendo grande o excedente hídrico no solo (LEPSCH et al, 1990).

Tomando como base o trabalho realizado por Ponçano et al (1981), a área apresenta três unidades ambientais bem definidas a Serrania Costeira, a Morraria do Ribeira e a Sub-região Litorânea. A oeste da área de estudo, nas proximidades de Itapitingui, com altitudes que se elevam aos 600 e 700 metros, localiza-se parte da Serrania Costeira, um trecho mais rebaixado da Serra da Mandira. Nas proximidades e em direção à cidade de Jacupiranga, com altitudes menos elevadas (400 a 500 metros), aparecem algumas serras isoladas como a Serra do Quilombo, a Serra do Miguel, a Serra do Cordeiro e a Serra do Paratiú. Essa unidade ambiental é recoberta pela Floresta tropical Latifoliada e, em locais esparsos, pela vegetação em regeneração (LEPSCH et al, 1990). A exploração econômica restringe-se às atividades de silvicultura e algumas áreas de pastagens.

A Morraria Costeira constitui-se de morrotes e colinas isolados que se destacam na área mais rebaixada da planície costeira e das vastas planícies fluviais. As altitudes destas colinas e morrotes variam entre 100 e 120 metros, raramente ultrapassando os 200 metros. Esses terrenos são utilizados para a cultura do chá, da banana e para a citricultura, aparecendo grandes áreas destinadas às pastagens. Recentemente, nessas pastagens, há a introdução da atividade criação de bubalinos. A vegetação natural que recobre esse tipo de relevo é composta predominantemente por capoeiras que aparecem em remanescentes isolados.

Numa faixa de mais ou menos 10 Km de largura, orientada de sudoeste para nordeste, sentido Cananéia – Iguape, está localizada a Sub-Região Litorânea. Suas características principais resumem-se: na presença constante do mar, com extensas linhas de praia como a Ilha Comprida, algumas ilhas embutidas no continente (Cananéia, Nanau), numerosos canais, mares e baías (PETRONE, 1966). Constitui-se em uma grande área plana em que as altitudes não ultrapassam os 5 metros. Dominada por mangues e vegetação de restinga, hoje aparecem os loteamentos destinados ao turismo de segunda residência.

De modo geral, no complexo estuarino–lagunar e no Vale do Ribeira, a população ainda dedica-se à lavoura de subsistência associada à pesca artesanal e a extração vegetal. Esta população tradicional está sendo afastada de suas atividades ou incorporada em outras atividades, seja pela expansão urbana, seja pelo aparecimento de lavouras comerciais (AFONSO, 1999).

Materiais e Método.

Para a realização desse estudo foram utilizadas quatro imagens geradas pelo sistema LANDSAT, correspondendo à órbita 220 ponto 77, bandas 3, 4 e 5, adquiridas nas seguintes datas: 18/07/1994, 30/06/1999, 02/09/1999 e 13/03/2001. As três primeiras cenas foram obtidas pelo sensor Thematic Mapper do LANDSAT 5 e a última pelo sensor Enhanced Thematic Mapper Plus do LANDSAT 7. Considerando a precipitação da área de estudo, as

duas primeiras imagens referem-se aos meses que apresentam menor quantidade de água precipitada, o mês de setembro corresponde ao final da estação seca e o mês de março ao final da estação das chuvas.

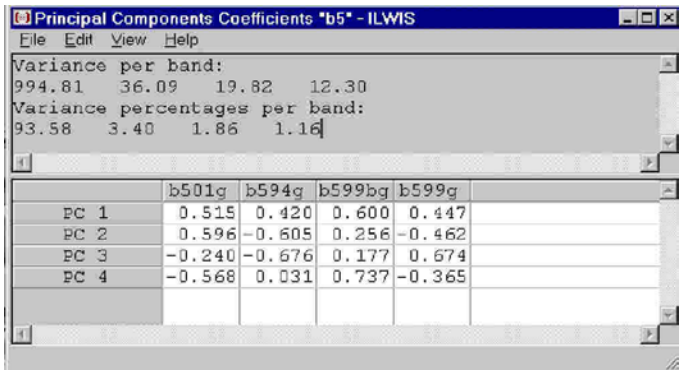
Inicialmente, as imagens foram submetidas ao processo de correção geométrica no programa ILWIS, coletando-se pontos de controle na carta topográfica Ilha de Cananéia, no formato digital, e em uma composição colorida da imagem referente ao ano de 2001 (R-5, G-4 e B-3). Após a correção geométrica da primeira imagem, as demais imagens foram registradas tendo-se como referência a imagem correspondente ao ano de 2001. Segundo Jensen (1996) o registro imagem x imagem apresenta melhores resultados que a correção imagem x carta, para fins de análise temporal.

A outra etapa foi a aplicação da transformação por principais componentes. Selecionou-se a banda 5, de todas as datas, para aplicação desta rotina de tratamento de imagens. O conjunto de componentes gerado permitiu analisar as transformações ocorridas na área.

Resultados.

Os resultados obtidos por meio da aplicação da transformação em principais componentes estão sumarizados na tabela 1, que apresenta a variância de cada componente gerada e dos auto-vetores, que funcionam como fatores de ponderação de cada banda para cada componente. De acordo com a tabela 1, a imagem identificada pelo código b501g corresponde a imagem obtida em 23/03/2001, pelo código b594g a obtida em 18/07/1994, pelo código b599bg a obtida em 02/09/1999 e pelo código b599 a obtida em 30/06/1999. Os códigos PC1, PC2, PC3 e PC4 estão relacionados às componentes geradas com base nas quatro imagens originais.

Tabela 1 – Variância e auto-vetores das principais componentes



	b501g	b594g	b599bg	b599g
PC 1	0.515	0.420	0.600	0.447
PC 2	0.596	-0.605	0.256	-0.462
PC 3	-0.240	-0.676	0.177	0.674
PC 4	-0.568	0.031	0.737	-0.365

Com base nos valores dos auto-vetores, da tabela 1, e na figura 1, que representa a primeira das componentes geradas, pode-se notar que esta imagem consiste em uma média de todas as imagens submetidas à análise. O aspecto geral da imagem consiste na integração da informação comum a todas as bandas do conjunto. As tonalidades claras representam as áreas submetidas ao uso agro-pecuário, áreas cultivadas, áreas de pequenos reservatórios destinadas à piscicultura e pastagens, localizadas ao longo dos principais eixos de circulação. Ao longo da linha de costa, as tonalidades claras representam as praias do Município de Ilha Comprida e as manchas lineares, ortogonais a linha de costa, correspondem aos loteamentos de segunda residência. As tonalidades cinza médio podem ser associadas às formações vegetais do tipo florestal, englobando nesta categoria as capoeiras altas, as matas de encosta e as matas de restinga. As tonalidades escuras correspondem aos corpos d'água que possuem expressão em área como o oceano e os canais estuarinos.

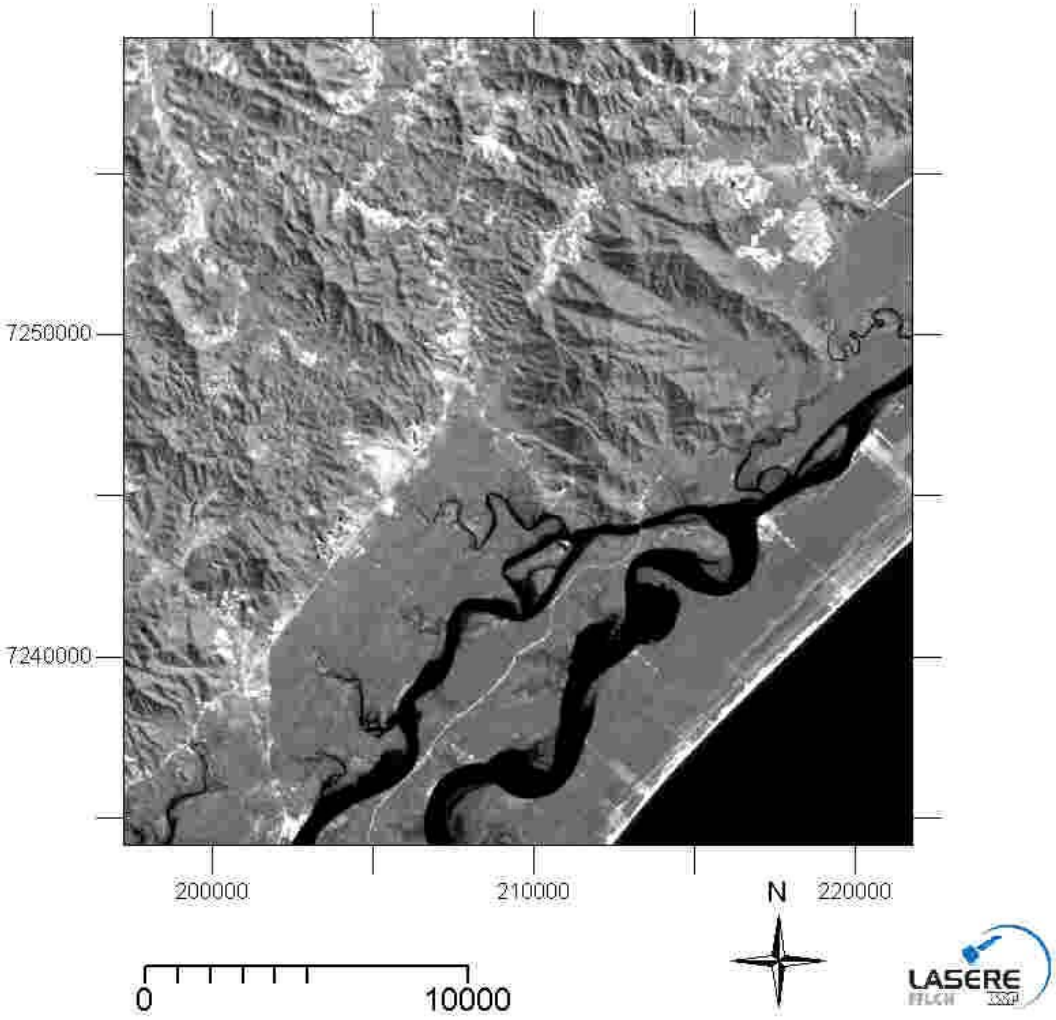


Figura 1 – Primeira principal componente (PC1).

A segunda componente, como demonstram os valores dos seus auto-vetores, corresponde inversamente aos valores originais das imagens obtidas em 2001 e 1994, e pode ser associada ao contraste entre o período final da estação chuvosa e o mês de precipitação mínima. De modo geral esta componente reflete diferenças no ângulo de elevação solar entre as duas datas (Figura 2), a textura rugosa representada na imagem corresponde as áreas de relevo mais dissecado, localizadas a oeste da área de estudo. A imagem original obtida em 2001 apresenta poucas áreas de sombra, enquanto aquela obtida em 1994, por sua vez, devido a ângulo de inclinação do sol, contém uma grande quantidade de áreas sombreadas.

Outros aspectos ressaltados nesta componente, referem-se ao comportamento da vegetação e a presença de corpos d'água, como açudes e lagos. No caso da vegetação, áreas que apresentavam baixa densidade de vegetação na época seca, como os campos eas áreas de cultivo, e por sua vez, no final do período chuvoso foram recobertas por uma vegetação mais densa, apresentam-se em tonalidades escuras na imagem.

Os pequenos reservatórios, destinados a criação de peixes, construídos em data posterior a 1994 e os lagos que apresentaram um volume de água maior na data mais recente, também são realçados em tonalidades escuras.

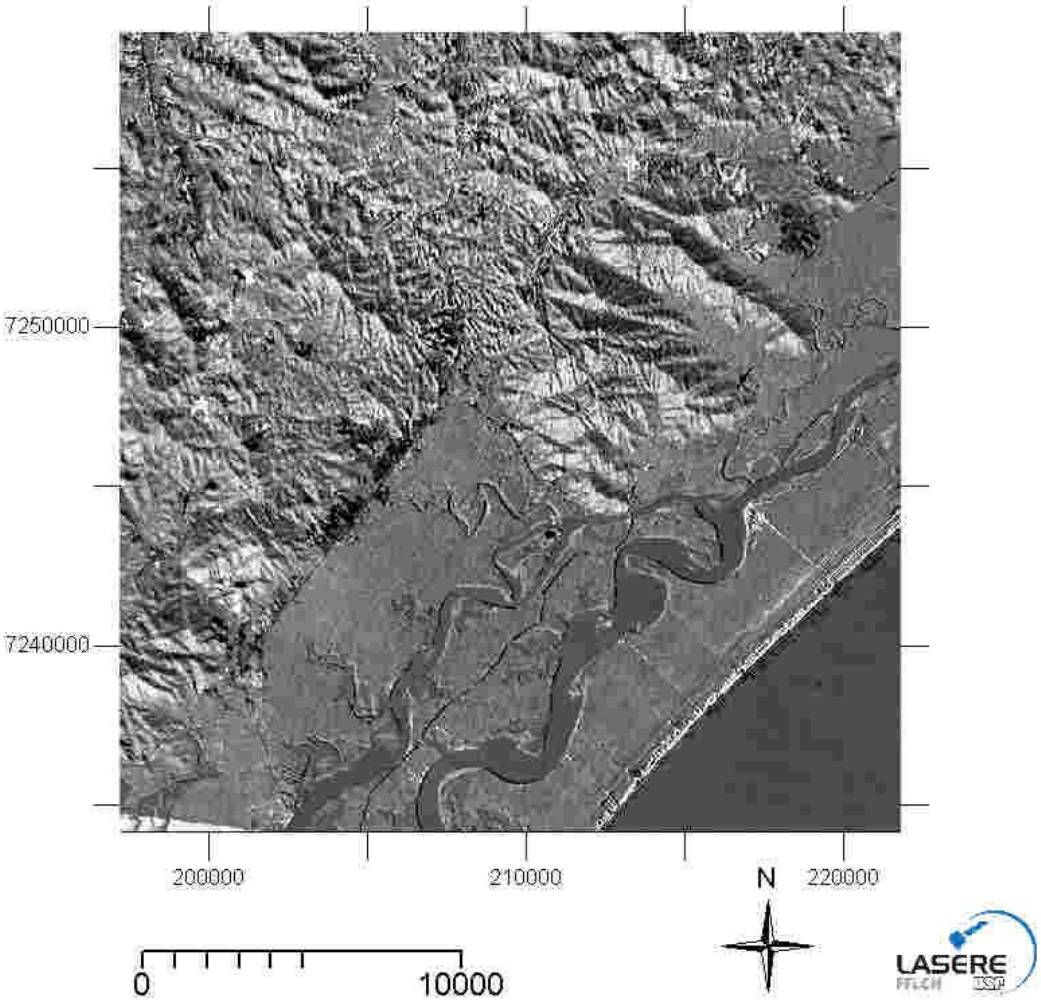


Figura 2 – Segunda principal componente (PC2).

A terceira componente, em conformidade com os auto-vetores, apresenta uma relação inversa às imagens originais obtidas em 30/06/199 e 18/07/1994, são dados correspondentes aos meses mais secos. Nessa componente também são realçados, em tonalidades escuras, os pequenos reservatórios construídos em data posterior a imagem mais do ano de 1994 (Figura 3). Pequenas variações de densidade na cobertura vegetal são representadas tanto em tons claros como em tons escuros.

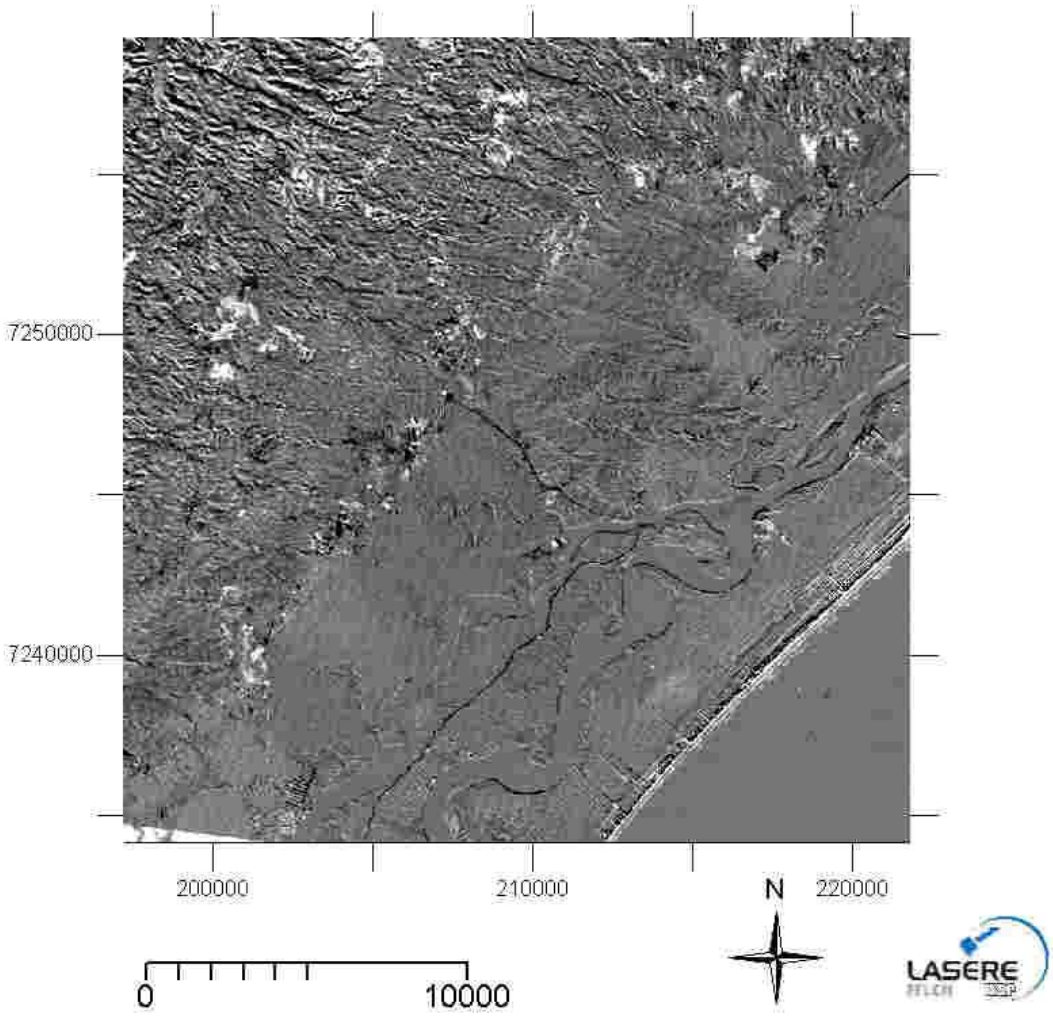


Figura 3 – Terceira principal componente (PC3).

A última componente, que possui a menor variância do conjunto (Tabela 1), apresenta as localidades em que ocorreram as maiores variações, consistindo no maior contraste entre a época seca e chuvosa. Ao longo dos principais eixos de circulação, pode-se notar, em tonalidades claras, as áreas que sofreram as maiores transformações decorrentes da ação do homem (Figura 4). Por outro lado, na área estuarina em função da variação do nível das águas entre as duas épocas, é possível identificar em tons escuros as áreas sujeitas à sedimentação, como os bancos arenosos.

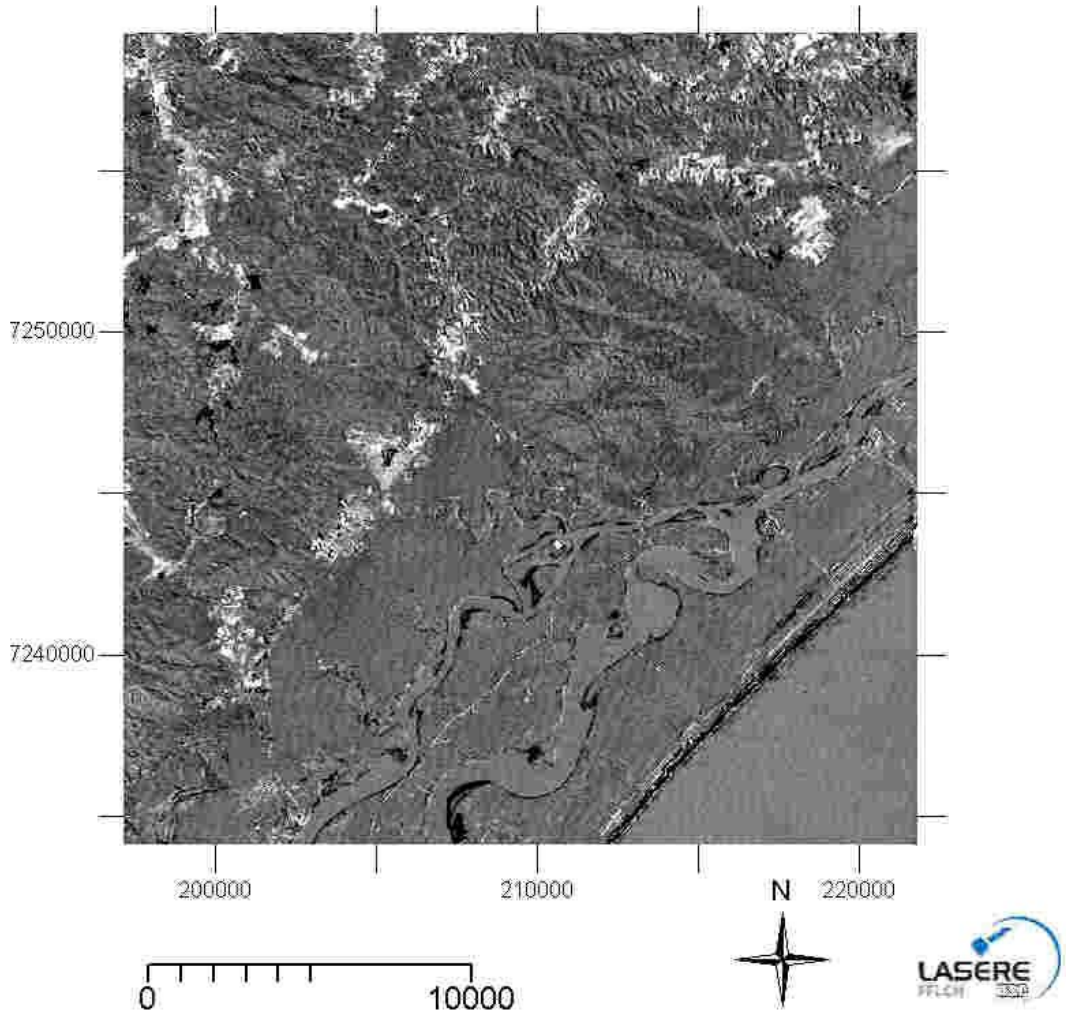


Figura 4 – Quarta principal componente (PC4).

Conclusão

A aplicação da transformação por principais componentes revela-se como um importante procedimento para a análise de imagens multitemporais, pois a partir de um conjunto torna-se possível a redução dos dados em algumas imagens.

Os resultados alcançados demonstram a possibilidade de identificar tanto transformações decorrentes da ação do homem quanto modificações que estão ligadas aos fenômenos naturais, como a variação da marés. Algumas das componentes, mais que outras, realçam de maneira clara alguns desses fenõmenos.

Considerando-se que nos dias atuais, a possibilidade de se contar com imagens multiespectrais de diferentes datas é facilitada por intermédio da rede mundial de

computadores e por meio de novos sensores, acredita-se que mais e mais este método será empregado na análise dos produtos.

Referências Bibliográficas

AFONSO, Cintia Maria **Uso e ocupação do solo na Zona Costeira do Estado de São Paulo**. São Paulo, Annablume/FAPESP, 1999. 186 p.

CROSTA, Álvaro Penteado **Processamento digital de imagens de Sensoriament Remoto**. Campinas, IG/UNICAMP, 1993. 170 p.

EASTMAN, J. Ronald; FULK, Michele A. Long sequence time series evaluation using standartized principal components. **Photogrmmetric Engineering and Remote Sensing, 59** (6): 991 – 996, June. 1993.

JENSEN, John R. **Introductory digital image processing:a remote sensing perspective**. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1996. 318 p.

JOHNSTON, Ronald John **Multivariate statistical analysis in geography**. New York, Longman/John Wiley, 1986. 280 p.

MENESES, Paulo Roberto; ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites de sensoriamento remoto**. Brasília, Ed. UNB, 1991. 96 p.

LEPCH, Igo Fernando et al. Macrozoneamento a terras da Região do Ribeira de Iguape, SP. **Boletim Científico do Instituto Agronômico de Campinas,** (19): 1 –183, 1990.

PETRONE, Pasquale. **A Baixda do Ribeira: estudo de geografia humana**. São Paulo, FFLCH USP, 1966. 336 p. (Boletim 284 – Geografia, 14).

PONÇANO, Waldir Lopes. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**.São Paulo, IPT, 1981. 94p.